

不耕起草地造成におけるイネ科牧草の発芽・定着に関する研究

著者	森田 脩
号	386
発行年	1989
URL	http://hdl.handle.net/10097/16041

氏 名(本籍) ^{もり}森 ^た田 ^{おさむ}脩

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 3 8 6 号

学位授与年月日 平 成 2 年 2 月 8 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目 不耕起草地造成におけるイネ科牧草の発
芽・定着に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主 査)

教授 伊藤 巖

教授 水間 豊

教授 星川 清親

論文内容要旨

草地の不耕起造成法は地形や表土の破壊が少ないため、造成後の土壌侵食や崩壊などが少ないこと、造成経費が安価なこと等から急傾斜地や樹林地の草地化や自然草地の簡易改良に採用され、粗飼料基盤の強化に寄与している。しかし、表面播種のため牧草種子が地表面に露出している場合が多く、発芽が不安定で、定着率が極端に低下したり、草生も不均一になりやすい欠点も指摘されている。

林冠の庇陰強度を変えて不耕起造成した林内草地において、イネ科牧草種子の発芽・定着の実態調査と微気象を測定した。その結果は、種子が土壌表面へ着床することの重要性をあらためて認識させるものであった。そこで、不耕起造成草地の発芽・定着の不安定性の改善には土壌表面における種子の発芽・定着過程を明らかにすることが肝要であると考え、主に、

1. 土壌表面における発芽過程の実態の把握と土壌中への種子根進入機構の解明。
2. その発芽・定着過程と土壌・気象要因など外部条件との関係。
3. 不耕起草地の造成工程でとられる土壌改良や家畜などを使用した種子鎮圧処理と発芽過程との関係。

の3点について、寒地型イネ科牧草を用い、発芽・定着の初期段階に限定して検討した。

1. 土壌表面における発芽・定着の特性と草種間差異

外穎を下にして土壌表面に播種したトールフェスク種子の発芽過程を外部形態から観察し、イネ科牧草種子の発芽動態の特性とそれに関与する要因、草種による差異について検討した。

1) イネ科牧草種子の発芽過程

置床された種子は外穎基部を破り、まず、先端が丸い円柱状の根鞘が出現する。その後、根鞘は根鞘毛を多数発生しながら先端部を拡大して平面となり、根鞘毛は置床面に固着する（第1図－1～4）。

この時、根鞘毛の固着が弱いと根鞘は十分に固定されないので種子根が土壌中へ進入できなかったり、種子の方が移動することもある。根鞘毛の固着が強いと根鞘はしっかりと固定され、根鞘腹部が伸長するにつれて種子は徐々に置床面から頂端部を上方に持ち上げていく（これを種子の立ち上がりと呼ぶ）。立ち上がった種子の種子根は根鞘直下の土壌中へ進入し、発芽過程も順調であった。この固着の強さと種子の動き、地表面への種子根露出の有無等により発芽動態を次の3発芽型に類別した。

I型：置床された状態と同じく、外穎が土壌表面に密着したままで根鞘毛が固着し、種子根が直接土壌中へ進入する横臥型（第2図－1）。

II型：根鞘毛によって根鞘は土壌表面に固定され、種子は立ち上がりながら種子根が土壌中へ直接進入する立ち上がり型（第2図－2）。

Ⅲ型：土壌表面への根鞘毛の固着が弱い、固着しないため種子根が直接土壌中へ進入できず一部又は大部分が地表面に露出している根上がり型（第2図-3、4）。

以下、このⅠ、Ⅱ型の割合の多少を定着安定度の判断基準とした。

この根鞘毛は土壌表面だけでなく、土壌粒子の間隙を通して土壌中にまで伸長して、粒子に固着する。その様な種子を引き抜くには力（この引っ張り抵抗力を根鞘毛の固着力と呼ぶ）を必要とする。そこで、この固着力測定装置（土壌硬度の測定も兼用）を考案して種々の条件下で根鞘毛が固着して立ち上がった種子の固着力を測定した（第3図）。

2) 発芽動態並びに根鞘毛の固着力と発生状態の草種間差異

寒地型イネ科牧草6草種の発芽動態と根鞘毛の固着力をみると、オーチャードグラス、トールフェスク、ケンタッキーブルーグラスの3草種は2g以上の強さで固着し、立ち上がり型が多く、発芽過程も順調であった。しかし、メドウフェスク、ペレニアルライグラス、イタリアンライグラスの3草種の固着力は1g程度で、根上がり型の種子が多かった。そして、根鞘毛の固着力と立ち上がり率との間には強い正の相関関係が認められ、固着力の強い草種は立ち上がり型が多かった。根鞘毛の固着力から判断すると、表面播きには前3草種が適していた（第4、5図、第1表）。

根鞘毛は草種によって数にも長さにも差が認められ、根鞘毛が少数で短いと固着力が弱いとは限らず、根鞘毛の多少や長短と固着力との関係は草種によって異なった（第1表）。

Ⅰ. 温度、土壌等の環境要因が発芽動態と根鞘毛の固着力に及ぼす影響

置床温度や土壌の種類・水分含有率・硬度・地表に堆積する粗腐植等がトールフェスク種子の発芽動態や根鞘毛の固着力に及ぼす影響について検討した。

1) 置床温度が発芽動態並びに根鞘毛の固着力と発生量に及ぼす影響

置床温度が15～25℃の間では根鞘毛の固着力は強く、立ち上がり型が多かった。5℃ではやや時間を要するが、約半数の種子が立ち上がった。高温の35℃では発芽率は低く、固着力も弱く、根上がり型が多かった。横臥型は各温度とも少なかった（第6図、第2表）。

また、根鞘毛は15～30℃の範囲で120～130本発生し、その長さは平均2mm程度であり、5℃では根鞘出現直後は少ないが、種子根が発根する頃には多数発生した。しかし、35℃では短くて数も少なく、高温の悪影響を受けていた。この根鞘毛の数および長さと固着力との間には何れも強い正の相関関係が認められた（第7図、第2表）。

この様に、寒地型牧草の生育適温と一致する15～25℃の間では長い多数の根鞘毛が発生し、固着力も強く立ち上がり型が多い。それより低温や高温では、根鞘毛は数も少なく短いため、固着力が弱まり、根上がり型が増加することが明らかとなった。

2) 土壌の種類・水分・硬度が発芽動態に及ぼす影響

水田土壌（黄色土）と高野尾・川渡・西那須野の各黒ボク土壌とも、土壌水分が増すと軟らかくなり、土壌硬度（絹針貫入抵抗値）が3 g以下になると殆ど横臥型になった。そして、水分が減少して硬くなるにつれて立ち上がり型や根上がり型が増加するが、根鞘毛の固着力が強い水田土壌では立ち上がり型が、固着力が弱い黒ボク土壌では根上がり型が多かった（第8図、第3表）。

この様に発芽型別発芽率と根鞘毛の固着力は土壌の違い、特に、水田土壌と黒ボク土壌との間における差が大きかった。

3) 粗腐植の分解程度が発芽動態に及ぼす影響

落葉とその分解物、あるいは焼却灰の表面における発芽は良好で、腐植や灰の表面の発芽率と発芽速度は土壌表面のそれと変わらなかった。各区とも根上がり型が多かったが、分解が進むにつれて立ち上がり型が増える傾向が認められた。ただ、腐植上における根鞘毛の固着力は水田土壌と比べて弱く、腐植や灰の表面では発芽率は改善されるが、種子根が土壌中へ順調に進入するためには何らかの措置が必要と考える（第9図、第3表）。

Ⅱ. 土壌改良材の施用および種子鎮圧処理が発芽・定着に与える効果

トールフェスク種子を用い、草地造成時の酸度矯正や磷酸質肥料の施用並びに家畜の蹄や作業機による種子鎮圧・地表面の攪乱が発芽動態に与える効果について検討した。

1) 土壌改良材の施用が発芽動態に及ぼす影響

水田土壌ではpH 5～8の、黒ボク土壌ではpH 5～6の範囲で立ち上がり型が多く、発芽・定着がより安定していたことから、両土壌ともpH 5以上に改良することが望ましい（第10図）。

強酸性の黒ボク土壌に熔性磷肥と過磷酸石灰を施用すると、熔磷は土壌pHを高め、立ち上がり型を増加させたことから、発芽・定着を改善する効果が認められた（第4表）。

2) 種子の鎮圧処理が発芽動態と初期生育に及ぼす影響

家畜の踏圧により窪んだ足跡内の種子は、降雨等により大部分は土壌中に埋没し、発芽も良好であった。また、接地圧を強めて鎮圧するほど種子の移動・消失が少なくなり、立ち上がり型が増加し、草丈も長くなる傾向が認められた（第11図、第5表）。

土壌や腐植表面の種子を鎮圧すると無鎮圧に比べ根鞘毛の固着力が1.4～2.4倍強くなり、根上がり型が減少した。そして、横臥型や立ち上がり型の草丈は根上がり型に比べて長く、初期生育が勝っていた（第6、7表）。

根上がり型が多い黒ボク土壌表面で胚部を約2 mm土壌中に埋め込むか、1 g程度の重量で種子を固定すると種子根が直接土壌中へ進入する割合が増加し、定着が安定した（第8、9表）。

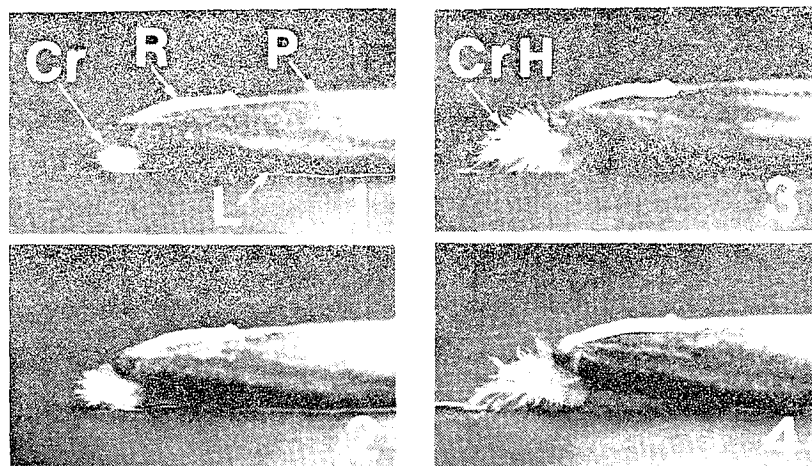
この様に種子の胚部を地表面に押しつけたり、土壌中に埋没させると、根鞘毛の固着力が強化されて発芽型が改善され、生育も早まって、定着が安定することが明らかとなった。

以上から、土壌表面に播かれたイネ科牧草種子の発芽・定着過程は根鞘毛が発生して地表面に固着するまではほぼ同じ経過を辿るが、発根を始めると、固着力の強弱によって横臥型・立ち上がり型・根上がり型の3発芽型に分かれることを明らかにした。この発芽型の違いは、土壌の種類・水分・硬度、粗腐植の有無等、播種床の状態によっても異なることを明らかにした。

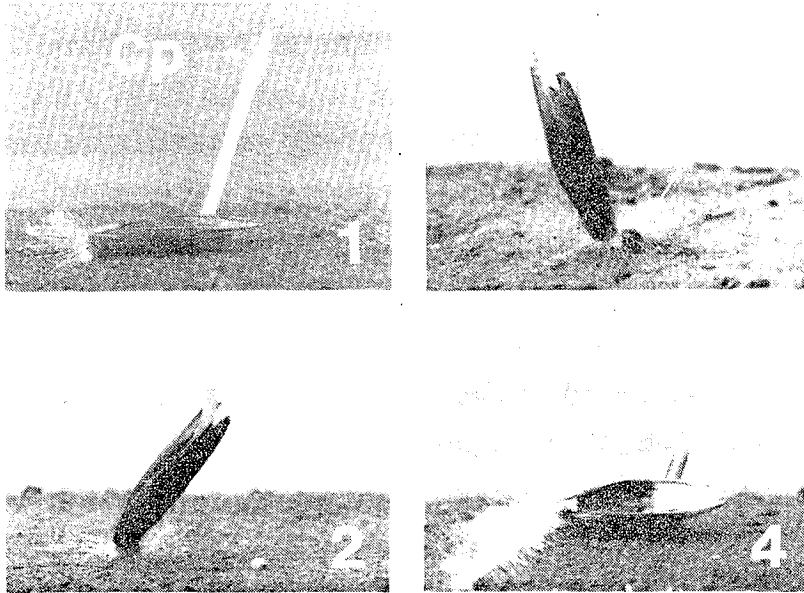
この様に、根鞘毛の固着は種子根が土壌中へ進入していくための支点として不可欠であり、根鞘毛は種子根から根毛が発生して幼植物が定着するまでの間、種子を固定する役割を担っており、その物理的固着機能の重要性を指摘した。また、根鞘毛の発生数と長さは草種により差がみられ、温度・pHなど外的要因の影響を受けて変動するが、固着力と密接な関係にあることを明らかにした。

一方、造成工程で行われる土壌改良材の施用と家畜や作業機による踏圧・攪乱等は、根鞘毛の固着力の弱い黒ボク土壌や粗腐植の表面において、定着の安定と初期生育を早める有効な手段であることを明らかにした。

本研究は、草地の不耕起造成におけるイネ科牧草種子の発芽・定着の初期段階に限定し、根鞘毛を中心に検討して、その固着機能を明らかにするとともに、その機能に関与する播種床の土壌・気象等の自然条件や人為的処理との関連についても検討した。そして、発芽動態、根鞘毛の固着、各種要因の間には、第12、13図に示す関係があることを明らかにした。

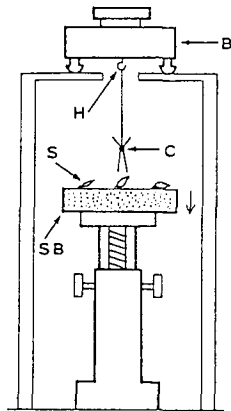


第1図 外穎を下にして置床したトールフェスク種子の発芽過程
Cr, 根鞘; CrH, 根鞘毛; P, 内穎; L, 外穎; R, 小穂軸。



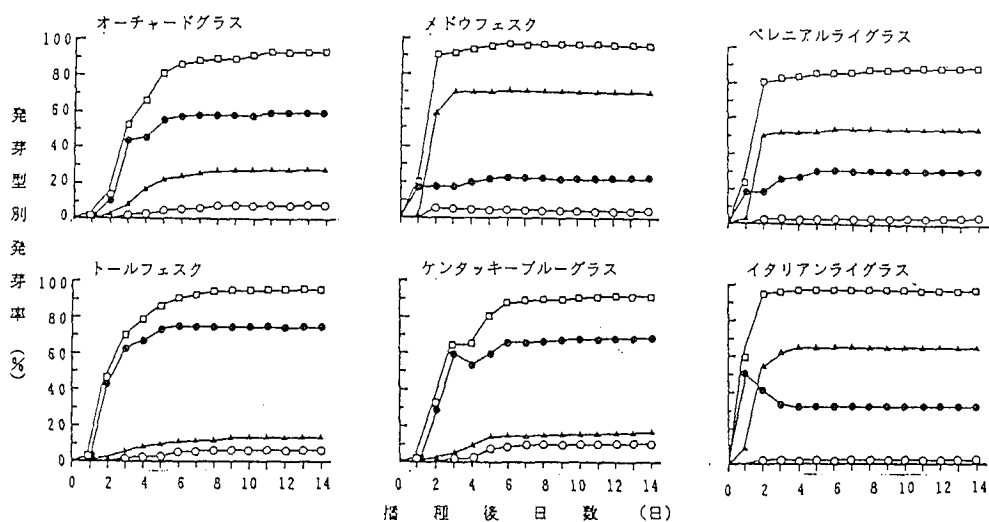
第2図 土壌表面におけるトールフェスク種子の発芽動態

1. 横臥型； 2. 立ち上がり型；
 3. 根上がり型（立ち上がりからの移行型）； 4. 根上がり型（不固着型）
 Cp, 鞘葉； S, 種子根.



第3図 牧草種子の根鞘毛の固着力（並びに土壌硬度）測定装置

B, 自動上皿天秤； H, 台下フック； C, クリップ； S, 種子； SB, 播種箱.
 土壌硬度の測定は、クリップの代わりに重りを付けた円筒の先端に絹針を固定して吊り下げ、播種箱を上方に押し上げて絹針を突き刺し、その貫入抵抗値（g）を測定した。

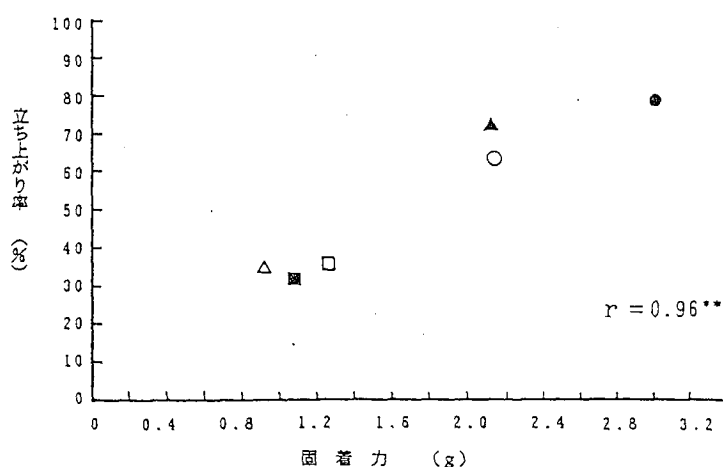


第4図 水田土壌表面における各草種の発芽型別発芽率の推移
○—○, 横臥型; ●—●, 立ち上がり型; ▲—▲, 根上がり型; □—□, 全発芽率.

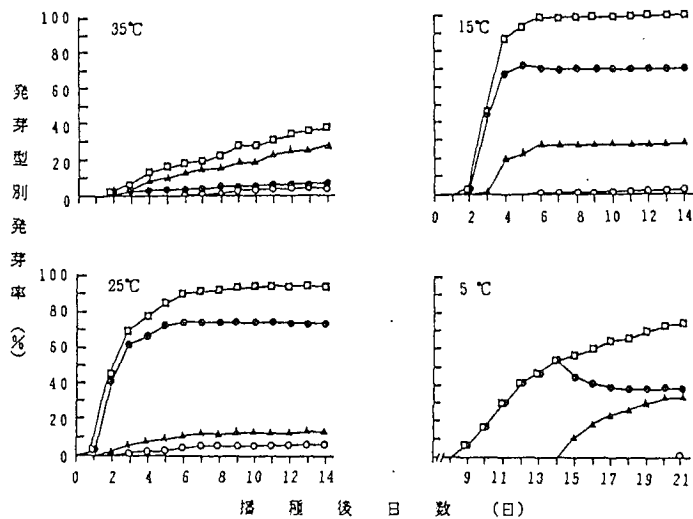
第1表 草種別にみた水田土壌における発芽型別発芽率と固着力並びに水中発芽した根鞘毛の数と長さ

草 種	発芽型			固着力 (g)	根鞘毛	
	I (%)	II (%)	III (%)		発生数	長さ(mm)
オーチャードグラス	7.2	63.3	29.4	2.14 a	56 a	1.6 a
トールフェスク	6.4	79.9	13.8	3.01 b	134 b	2.1 b
メドウフェスク	6.2	35.2	58.5	0.92 c	135 bc	1.0 c
ケンタッキーブルーグラス	10.1	73.6	16.3	2.12 a	63 a	0.9 c
ペレニアルライグラス	2.3	35.6	62.1	1.24 c	105 c	1.7 a
イタリアンライグラス	2.0	32.5	65.5	1.27 c	117 c	1.6 a

I ; 横臥型、 II ; 立ち上がり型、 III ; 根上がり型。
縦の欄内の異なる英小文字間は5%水準で有意差あり。



第5図 草種の立ち上がり率と根鞘毛の固着力との関係
○, オーチャードグラス; ●, トールフェスク;
△, メドウフェスク; ▲, ケンタッキーブルーグラス;
□, ペレニアルライグラス; ■, イタリアンライグラス.

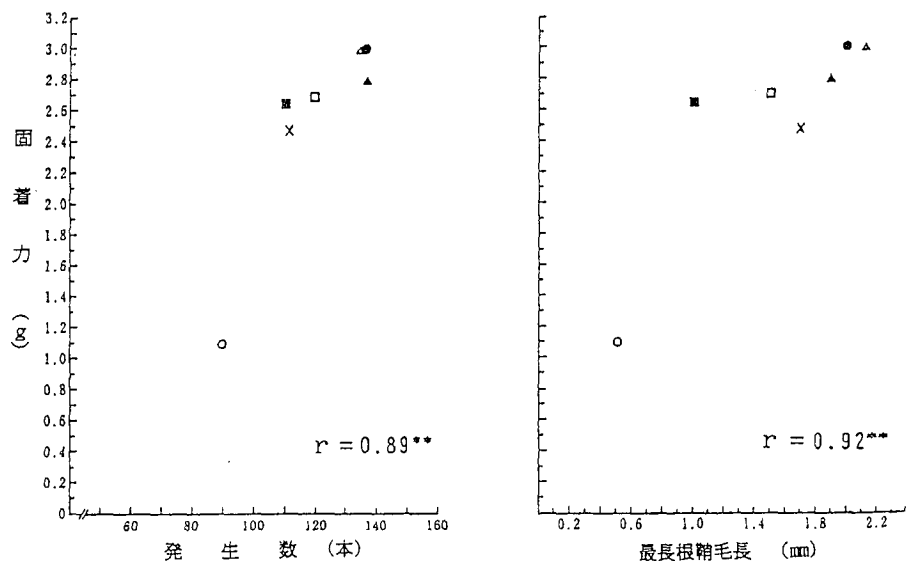


第6図 置床温度を異にした水田土壌表面におけるトルフェスク種子の発芽型別発芽率の推移
図中の記号は第4図と同じ。

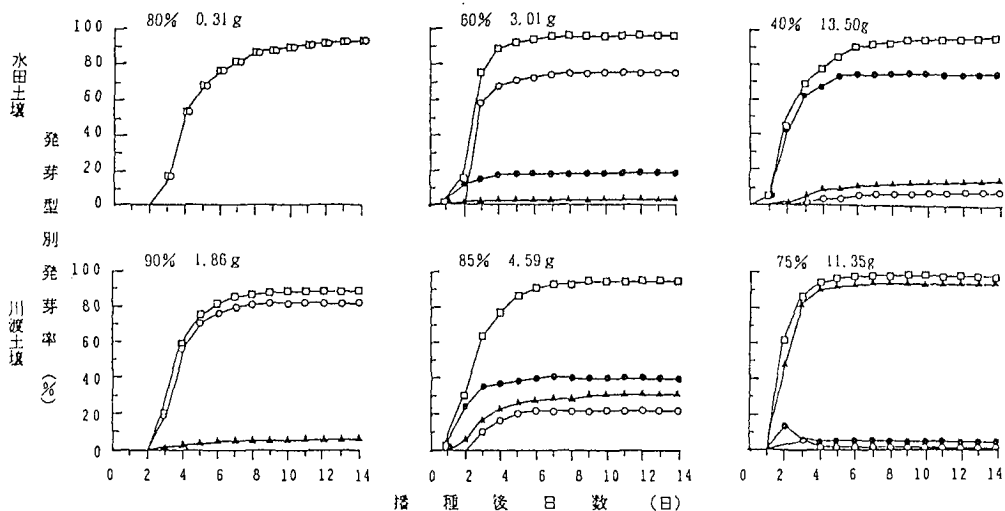
第2表 異なる播種温度の土壌表面で立ち上がったトルフェスク種子の根鞘毛の固着力と
水中において根鞘出現後24時間で発生した根鞘毛の数と長さ

置床または 浸漬温度 (°C)	固着力 (g)			根鞘毛	
	平均	最大	最小	発生数	長さ(mm)
35	1.10 a	2.26	0.47	89.7 a	0.7 a
30	3.01 b	4.86	0.78	135.8 b	2.0 b
25	3.01 b	6.60	0.79	134.0 b	2.1 b
20	2.79 b	5.40	0.92	136.8 b	1.9 b
15	2.71 b	6.18	0.79	119.8 ab	1.5 c
10	2.65 b	6.23	0.63	110.3 ab *	1.4 c
5	2.47 b	5.12	0.75	112.0 ab **	1.7 c

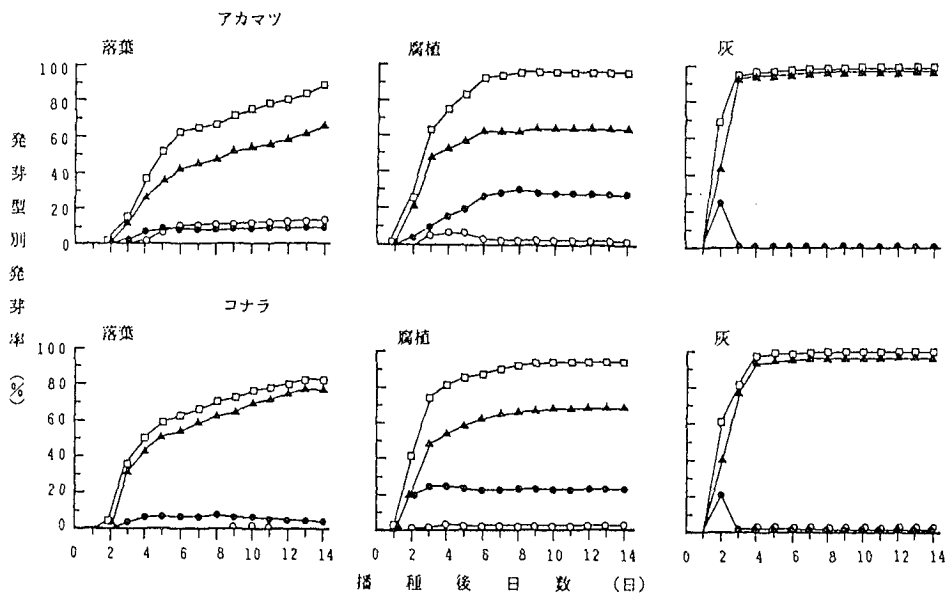
*, 根鞘出現後4日目; **, 根鞘出現後7日目。
縦の欄内の異なる英小文字間には5%水準で有意差あり。



第7図 トルフェスク種子の根鞘毛の発生数(左)並びに最長根鞘毛長(右)と固着力との関係
○, 35°C; ●, 30°C; △, 25°C; ▲, 20°C; □, 15°C; ■, 10°C; ×, 5°C。



第8図 土壌水分を異にした水田土壌と黒ボク土壌(川渡)表面におけるトルフェスク種子の発芽型別発芽率の推移
図中の土壌水分(%)の横の数字は絹針で測定した土壌硬度(g)を示し、記号は第4図と同じ。

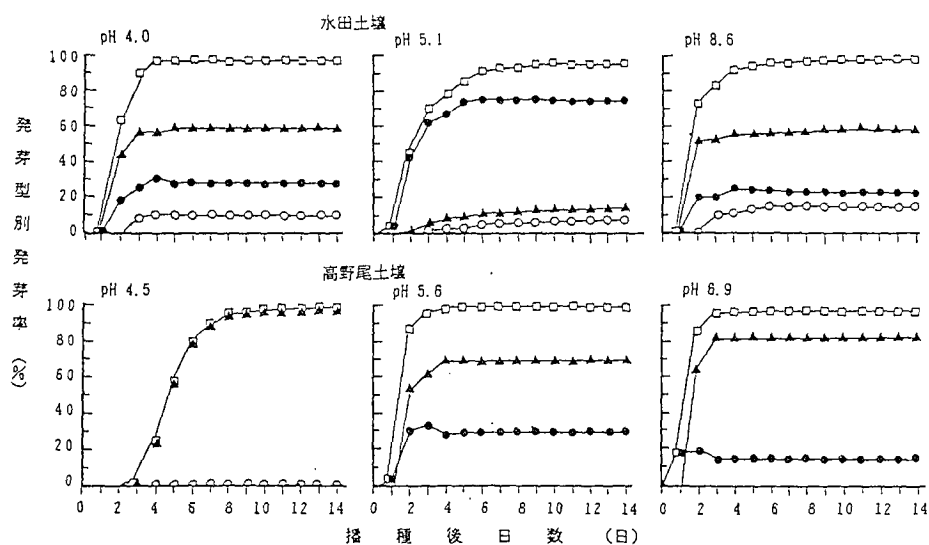


第9図 落葉とその腐植並びに灰の表面における発芽型別発芽率の推移
図中の記号は第4図と同じ。

第3表 土壌と腐植の表面で立ち上がったトルフェスク種子の根鞘毛の固着力と根鞘毛が掘んだ土塊(腐植塊)の大きさ

土 壌	固着力 (g)	土塊の容積 (mm ³)	樹 種	固着力 (g)	腐植塊の容積 (mm ³)
水 田	3.01 a	1.76 a	アカマツ	1.04 a	3.73
高野尾	0.43 b	0.36 b	コナラ	0.47 b	4.21
川 渡	0.71 c	1.10 c			
西那須野	0.79 c	1.86 a			

縦の欄内の異なる英小文字間は5%水準で有意差あり。

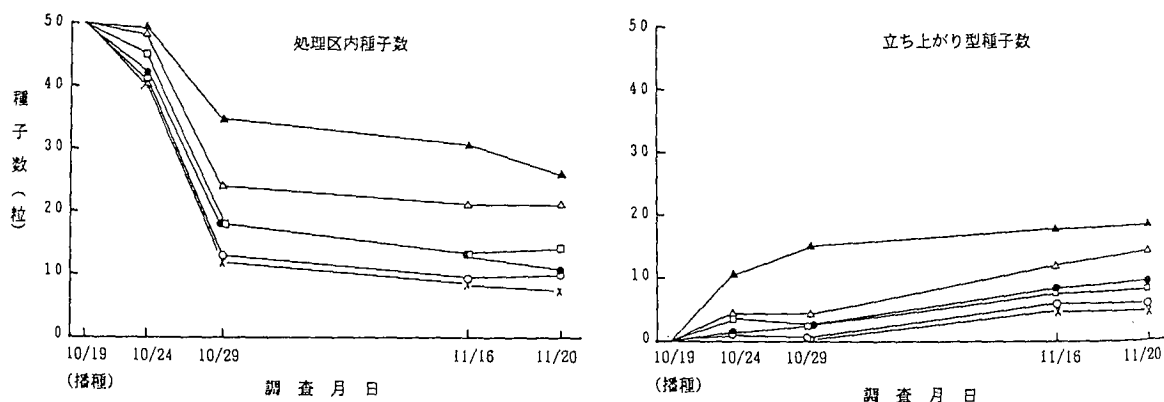


第10図 pHを変えた土壌表面におけるトルフェスク種子の発芽型別発芽率の推移
図中の記号は第4図と同じ。

第4表 黒ボク土壌（高野尾）への磷酸質肥料の施用が発芽型別発芽率に及ぼす影響

肥 料	施用量 (g)	横臥型 (%)	立ち上がり型 (%)	根上がり型 (%)	pH
溶性磷肥	2.5	6.0	5.4	88.2	4.65
	5	0.5	4.7	94.8	4.95
	10	1.5	17.2	81.3	5.25
過磷酸石灰	2.5	0.0	1.0	99.0	4.40
	5	0.0	0.5	99.5	4.31
	10	0.5	2.7	96.7	4.25
無 施 用		0.0	0.0	100.0	4.32

施用量は風乾土壌 1 kgに対する g 数。



第11図 播種直後に接地圧を変えて鎮圧した種子数（左）と立ち上がり型種子数（右）の推移
処理区当たり50粒播種。

○—○, 0.5 kg/cm²・平面； □—□, 1.0 kg/cm²・平面； △—△, 1.5 kg/cm²・平面；
●—●, 0.5 kg/cm²・広溝； ▲—▲, 0.5 kg/cm²・広溝； ×—×, 無鎮圧。

第5表 乳牛の踏圧と鎮圧処理が草丈に及ぼす影響

鎮圧処理	草丈 (cm)	調査個体数
乳牛(1.0 kg)	10.7 a	117
0.5 kg	8.8 b	38
1.0 kg	11.3 ad	42
無鎮圧	13.2 cd	33

鎮圧処理の接地圧はkg/cm².

欄内の異なる英小文字間は5%水準で有意差あり.

第6表 黒ボク土壌における種子鎮圧が発芽動態に与える効果

土 壌	処 理	横臥型 (%)	立ち上がり型 (%)	根上がり型 (%)
川 渡	無鎮圧	1.0	11.7	87.4
	鎮 圧	20.0	42.4	37.7
西那須野	無鎮圧	2.1	21.2	76.7
	鎮 圧	21.2	50.2	28.7

第7表 水田土壌と川渡土壌並びにアカマツ腐植表面における種子鎮圧が根鞘毛の固着力と根鞘毛が掴んだ土塊(又は腐植塊)の大きさに及ぼす影響

処 理	水田土壌		川渡土壌		アカマツ腐植	
	固着力 (g)	土塊 (mm ³)	固着力 (g)	土塊 (mm ³)	固着力 (g)	腐植塊 (mm ³)
無鎮圧	2.99 a	1.47 a	0.71 a	1.10 a	0.91 a	4.16
	4.13 b	2.49 b	1.71 b	2.11 b	1.49 b	

縦の欄内で異なる英小文字間は5%水準で有意差あり.

第8表 土壌の種類別にみた種子鎮圧が草丈と茎数に及ぼす影響

発芽型	水田土壌		高野尾土壌		川渡土壌		西那須野土壌	
	草丈(cm)	茎数	草丈(cm)	茎数	草丈(cm)	茎数	草丈(cm)	茎数
横臥型	18.1 a	1.3	11.8 a	1.0	16.5 a	1.2	20.5 a	2.5
立ち上がり型	17.5 a	1.1	14.1 a	1.0	16.4 a	1.4	17.9 a	2.6
根上がり型	7.6 b	1.0	8.2 b	1.0	7.4 b	1.0	5.3 b	1.0

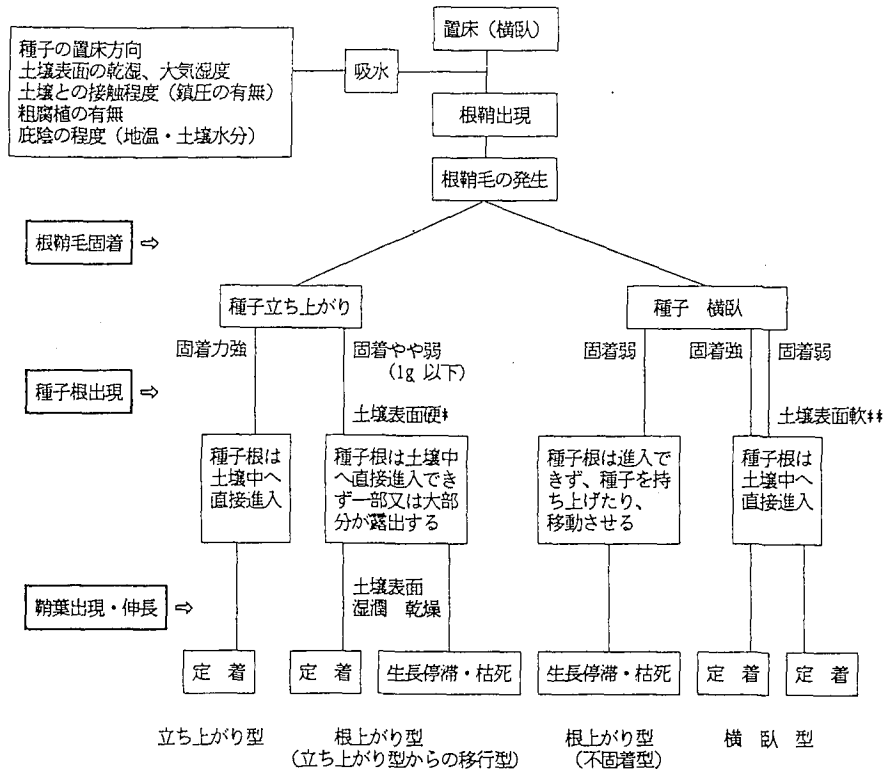
欄内の異なる英小文字間は5%水準で有意差あり.

第9表 黒ボク土壌における胚部埋め込みと鉛円板荷重による種子の固定が発芽動態に及ぼす影響

土 壌	胚部埋め込み		鉛 円 板 荷 重					
			0 枚		1 枚*		2 枚**	
	定着 (%)	根上がり型 (%)	定着 (%)	根上がり型 (%)	定着 (%)	根上がり型 (%)	定着 (%)	根上がり型 (%)
川 渡	96.3	3.7	5.1	94.9	14.1	85.9	69.0	31.0
西那須野	96.7	3.3	23.3	76.7	41.2	57.8	68.9	31.1

定着: 種子根が地表面に露出しない種子.

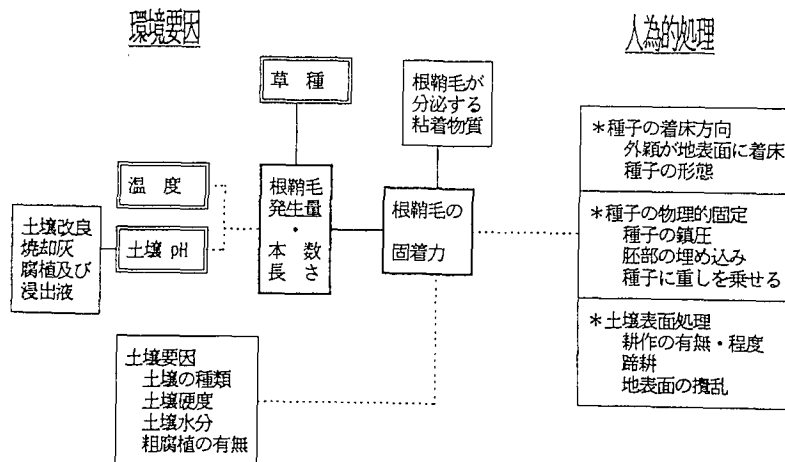
: 480-520mg の荷重、: 980-1020mg の荷重.



第12図 土壌表面におけるイネ科牧草種子の発芽型別の発芽・定着過程とそこに関与する要因

* ; 絹針貫入抵抗値 水田土壌10 g 以上、黒ボク土壌 5 g 以上.

** ; 各土壌とも 3 g 以下.



第13図 根鞘毛の固着力に関与する要因

——, 主体的要因 ; , 環境的要因.

審査結果の要旨

草地の不耕起造成法は、すでに技術として確立し、広く実用化しているが、その技術は経験的に構築されたものが多く、学問的根拠が明らかにされていない点が残されていた。本論文は寒地型イネ科牧草について、不耕起草地造成時における発芽・定着の機構を明らかにしたものである。まず、土壌表面に播種された種子はどのような過程を経て発芽・定着するのか詳細な検討を行った。その結果、置床されたイネ科牧草種子は外穎基部から根鞘が出現すること、ついで根鞘は多数の根鞘毛を発生し、置床面に固着することを明らかにした。根鞘毛による固着の強さと種子の動き、地表面への種子根露出の有無等により、発芽の型を横臥型、立ち上り型および根上り型の3型に分類し、このうち横臥型と立ち上り型をとる種子は定着の安定性が高く、定着後の伸長、茎数の増大でもすぐれていることを明らかにした。

さらに、このような発芽型は草種によっても異なるが、発芽型と根鞘毛の固着力との間には密接な関連があることを明らかにした。この固着力の測定には筆者が考案した固着力測定装置が用いられている。

つぎに、環境要因と発芽型ならびに根鞘毛の固着力との関連について検討し、供試した寒地型牧草の生育適温の条件下で最も多数の根鞘毛を発生し、固着力も強く立ち上り型を示す割合が高くなること、また、土壌の種類と発芽型との関連については、主としてそれぞれの土壌によって得られる固着力によって規制されていることを明らかにした。また、実際の草地造成の技術となっている土壌改良資材の施用、及び種子の鎮圧処理と発芽・定着効果との関連について明らかにした。とくに、土壌や腐植表面の種子を鎮圧すると無鎮圧に比べ根鞘毛の固着が顕著に増大することを明らかにした。

以上のごとく、本論文は、イネ科牧草種子の発芽時に出現する根鞘毛の機能を明らかにするとともに、不耕起草地造成における発芽・定着機構の解明に多くの新知見を提供し、草地利用学の進展に貢献した。よって審査員一同は、著者に農学博士の学位を授与するに値すると判断した。